

LA INVESTIGACIÓN EN CONSTRUCCIÓN. CONCLUSIONES DE LAS I JORNADAS DE INVESTIGACIÓN EN CONSTRUCCIÓN

Virtudes Azorín López y Juan Monjo Carrió
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)

Fecha de recepción: 20-VI-05

ESPAÑA

070-19



I JORNADAS DE INVESTIGACIÓN EN CONSTRUCCIÓN



Inauguración de las Jornadas a cargo del Secretario de Estado del Ministerio de Educación y Ciencia, Secretario General de la Vivienda y Director del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los días 2, 3 y 4 de junio de 2005 se celebraron en el Instituto de Ciencias de la Construcción “Eduardo Torroja” del CSIC las I Jornadas de Investigación en Construcción. La idea de promover unas Jornadas de estas características se debió, en gran medida, a la importancia que, en estos momentos, tiene el sector de la construcción en España, así como a la necesidad de establecer sinergias en ese campo.

Este sector es uno de los más dinámicos de la economía española, no sólo por la actividad interna, que le está llevando a una diversificación cada vez mayor tanto en calidad como en cantidad, sino también como agente inversor económico en el exterior, ya que cada vez está presente en más países.

La importancia que el sector de la construcción ha adquirido en el marco de la economía española queda demostrada con el dato del valor de su producción, que alcanzó 131.000 millones de euros durante 2003, lo que represen-

ta aproximadamente el 17,7% del producto interior bruto y el 9% del valor añadido bruto. Estas cifras convierten a la construcción en el principal sector industrial de España en la actualidad.

En términos de creación de empleo, la construcción alcanzó el año pasado (2004) un total de 1.985.000 puestos de trabajo directos, a los que hay que sumar un importante número de empleos indirectos. Según los estudios elaborados por la Confederación Nacional de la Construcción, cada puesto de trabajo directo en la construcción española genera dos puestos de trabajo en otros sectores y áreas como los servicios profesionales (arquitectos, ingenieros, oficinas de ingeniería y arquitectura,...) y la industria de materiales de construcción, entre otros.

Por todo ello, se puede afirmar que algo más de 4,9 millones de trabajadores en España dependen, directa o indirectamente, del sector de la Construcción, lo que representa un 30% del empleo total.

Por otra parte, este aumento de la inversión económica en el sector unido a la continua aparición de nuevos materia-

les y sistemas, no siempre va aparejado con la aplicación de las innovaciones en las obras, ni en una mejora de calidad de las mismas. Una de las causas puede ser la falta de investigación en el sector, sobre todo de la aplicada, o, por lo menos, de su coordinación. Ello es especialmente relevante en la edificación de viviendas, que tiende a mantener sistemas y materiales ya conocidos (los así llamados “tradicionales”) sin un afán evidente de innovación.

Además, las iniciativas de investigación (I) en el sector suelen estar muy dispersas y parten generalmente de grupos pequeños de investigadores que, en muchos casos, no tienen una relación directa con la industria, por lo que sus resultados no acaban en el necesario desarrollo (D) ni mucho menos en fructífera innovación (i).

La organización de este encuentro a nivel nacional, puede paliar, en cierto modo, este problema, pues, a lo largo de las Jornadas, se nos ha permitido, por una parte, establecer un intercambio de opiniones entre los organismos de investigación que trabajan en el sector, tanto público como privado, así como con los industriales y profesionales del mismo. Por otra, la amplia difusión y la discusión sobre los trabajos de investigación en marcha o en preparación, puede incentivar el desarrollo de nuevos proyectos de investigación y desarrollo. Todo ello, en definitiva, posibilita la sinergia de esfuerzos e intenciones que puede acabar alcanzando el logro de las tres fases del proceso (I+D+i).

Se tiene el convencimiento que con los trabajos presentados en estas Jornadas se puede actualizar y desarrollar el conocimiento disponible en relación con la ingeniería y la construcción en sus diversas facetas (patrimonio arquitectónico, materiales, obra civil, edificación y medio ambiente). Esta necesidad resulta actualmente muy perceptible dados los importantes avances científicos y técnicos experimentados en el entorno de esta área de conocimiento. Tales avances vienen, a su vez, potenciados por el desarrollo tecnológico general, la instauración de la sociedad del conocimiento y la importancia creciente de los conceptos ligados al desarrollo sostenible.

Cabe destacar que durante las últimas décadas se han producido avances tecnológicos que han contribuido a ampliar y mejorar las prestaciones de los materiales, los métodos de proyecto y cálculo, los procedimientos de instrumentación y ensayo, los sistemas de evaluación, reparación y refuerzo, los procesos constructivos y las posibilidades de reciclado de materiales y estructuras. A todo esto hay que añadir la necesaria preocupación por el medio ambiente tratando de adaptar la tecnología existente hacia una construcción sostenible. Así pues puede afirmarse que el entorno de la construcción está experimentando una significativa evolución tecnológica, comparable a la que, con mayor anticipación, ha afectado ya muy fuertemente a otros sectores de la actividad productiva o industrial.

Todo ello ha redundado, particularmente, en un aumento considerable del conocimiento disponible sobre diversos aspectos de la ingeniería y la construcción (comportamiento y resistencia de las estructuras a corto y largo plazo, nuevos sistemas constructivos para la edificación, durabilidad, mejora de los sistemas de confort, ahorro energético ...). A su vez, ello abre posibilidades a nuevos conceptos relativos al diseño, a la construcción o al mantenimiento de las construcciones a partir de planteamientos más científicos y, por ello, más fiables, a la vez que, posiblemente, más económicos.

Pero los nuevos desarrollos tecnológicos también plantean muchas incógnitas debidas, en su mayor parte, a la velocidad con que se han producido y al desconocimiento que se tiene de muchos aspectos aún poco estudiados, sobre todo en el ámbito de los nuevos materiales y sistemas. Las normativas, por su parte, están adaptándose con celeridad a los desarrollos tecnológicos y, por ello, están sufriendo cambios importantes de tipo conceptual y práctico.

Todos estos cambios y los que vendrán, están revolucionando la práctica profesional en el ámbito de la construcción lo que, probablemente, genera necesidades de actualización de los profesionales y, por tanto, de formación calificada. Ello puede contrastarse observando el esfuerzo investigador y formativo que a nivel mundial se está dedicando a la tecnología de la construcción.

Por otra parte, la creación con el nuevo gobierno del estado de un Ministerio de la Vivienda, así como las declaraciones de sus responsables, nos invitan a reforzar las líneas de investigación relacionadas con la construcción de este tipo de edificios, así como la racionalización de su proceso constructivo.

En definitiva, este encuentro ha permitido reforzar el diálogo entre los fabricantes, constructores y promotores con los centros de investigación y con las administraciones públicas, para asegurar que los trabajos y proyectos de investigación y desarrollo que se llevan a cabo son los que realmente demandan el sector y la sociedad. En este sentido, el **Instituto de Ciencias de la Construcción “Eduardo Torroja”** se siente orgulloso de haber aportado esta iniciativa al sector, así como de la amplia respuesta recibida, lo que le anima a seguir con esta labor de liderazgo en el mundo de la investigación en construcción, que es precisamente uno de los objetivos que movió a Eduardo Torroja y un grupo de arquitectos e ingenieros a fundar, en 1934, el **“Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación”**, precedente del actual IETcc.

2. ANÁLISIS DE LOS TRABAJOS PRESENTADOS

Los trabajos presentados a las jornadas se agruparon en los siguientes temas:

1. Obra civil. Infraestructuras y grandes equipamientos.
2. Edificación. Técnicas y sistemas constructivos.
3. Medio ambiente. Respeto exterior y acondicionamiento interior.
4. Patrimonio construido. Patología, diagnóstico y rehabilitación.
5. Materiales de construcción. Pétreos, cerámicos, hormigones y cementos, etc.

De cada uno de ellos, se presentaron numerosas comunicaciones en las que se plantearon líneas de investigación en curso, los retos que afrontan los investigadores, así como las carencias, debidas, en gran medida, a la rapidez con que se están produciendo cambios en el diseño del proyecto y nuevos sistemas constructivos lo que conlleva a veces a un desconocimiento de muchos aspectos aún poco estudiados, especialmente en el ámbito de los nuevos materiales.

Los trabajos fueron analizados por los ponentes correspondientes, tratando de llegar a establecer una serie de conclusiones que permitan conocer el estado actual de la investigación y desarrollo en construcción en España así como las líneas que se deben seguir en el futuro.

Tanto por parte del Comité de Dirección de la Revista Informes de la Construcción como por la Dirección del Instituto, se ha creído conveniente difundir los resultados de estas Jornadas a través de unos de sus órganos más representativos de transferencia del conocimiento como es la revista Informes de la Construcción. La difusión de los resultados se va a llevar a cabo en dos fases. La primera fue la edición de las Actas, recogiendo los trabajos originales (tanto ponencias como comunicaciones), que se presentaron a las Jornadas y que fueron editadas por AMIET^(*) en dos volúmenes.

En esta segunda fase damos a conocer las conclusiones que se pueden inferir haciendo un somero estudio de participación por parte de los ponentes junto con los datos aportados por la Secretaría de las Jornadas.

En términos generales puede afirmarse que las Jornadas han tenido una buena acogida por la comunidad científica, como lo prueba el alto número de comunicaciones presentadas, que asciende a 94 y a las que hay que sumar las cinco ponencias que aportaron los miembros del Comité Científico y responsables de cada una de las áreas temáticas.

Dado el volumen de los trabajos recibidos por el Comité Científico y el poco tiempo disponible para la exposición de las comunicaciones se optó por crear sesiones paralelas en cada uno de los apartados.

Distribuidas las comunicaciones por áreas temáticas, nos encontramos con los siguientes resultados: 7 de las comunicaciones pertenecen al apartado Obra Civil, 15 a Medio Ambiente, 21 a Materiales, que iguala al número de trabajos que se han presentado en el apartado de Patrimonio, siendo el más numeroso el referido a la Edificación, con 30 (Cuadro 1).

CUADRO 1

Agrupación de comunicaciones

Obra Pública	7
M. Ambiente	15
Materiales	21
Patrimonio	21
Edificación	30

Las comunicaciones han sido firmadas por 245 autores. Es de destacar que no coincide el número de investigadores dedicados a la investigación en una determinada área con su productividad científica. De este modo se observa cómo los 21 trabajos presentados al apartado Materiales han sido firmados por 67 investigadores, mientras que los relativos a Medio Ambiente, con igual número de trabajos, han sido firmados por 38 autores (Cuadro 2).

CUADRO 2

Agrupación de autores

Materiales	67
Edificación	66
Patrimonio	49
M. Ambiente	38
Obra Civil	25
Total	245

En este sentido, los trabajos firmados individualmente se aproximan al 25% de los presentados, sin embargo, más del 50% de los mismos llevan la firma de más de cuatro autores, siendo los grupos dedicados al estudio de materiales los que más han hecho uso de esta práctica.

Los trabajos firmados por un mayor número de investigadores han sido remitidos por los organismos públicos de investigación. En cuanto a los trabajos individuales destacan los realizados dentro de la universidad, seguidos de los correspondientes a la empresa privada.

En cuanto a la localización geográfica de los grupos de investigación se ha constatado que se han presentado trabajos realizados en casi todo el territorio nacional. Se destaca el hecho de que casi un 40% de los investigadores trabajan en la Comunidad de Madrid seguidos en número por la Comunidad Valenciana, Andalucía, Cataluña, Castilla-León y el País Vasco.

^(*) AMIET, Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja

3. CONCLUSIONES DE LAS JORNADAS

Veamos a continuación las conclusiones alcanzadas en las jornadas, agrupadas en los cinco grandes temas de las mismas y extractadas por los responsables.

3.1. Investigación en Patrimonio Construido

José Luis González Moreno-Navarro y Carlos Aymat Escalada

De los 94 trabajos presentados a las Jornadas 22 han tratado sobre el Patrimonio Construido de los cuales, más de la mitad, han sido sobre edificios concretos y, el resto, sobre propuestas metodológicas.

El desarrollo de las sesiones y el debate final han permitido, por un lado, reforzar ideas previas y, por otro, añadir otras nuevas, todo lo cual ha dado lugar a unas conclusiones y a varias propuestas sobre cómo orientar y ordenar en un futuro las actividades investigadoras sobre el patrimonio construido.

A) Identificación del ámbito del patrimonio construido

A.1) Las investigaciones sobre Patrimonio Construido tienen por objetivo aumentar el conocimiento sobre cómo hacer más eficiente cualquier acción técnica que puede ir, desde la simple consolidación hasta una reforma profunda de un edificio u obra pública ya existente. (Es oportuno destacar que son investigaciones muy diferentes, por ejemplo, de las dedicadas a aumentar el conocimiento de la historia de la construcción en sí misma, como una disciplina académica más).

A.2) El resultado de una acción técnica sobre un edificio u obra pública existente depende esencialmente de la interrelación entre la acción en sí misma y la realidad material-constructiva del edificio; en consecuencia, la eficiencia de la acción depende totalmente del conocimiento y comprensión que tenga de esa realidad material-constructiva el equipo técnico que diseña la acción.

A.3) Los edificios existentes que requieren una intervención relevante se caracterizan por todos o algunos de los rasgos siguientes:

- . responden a unas mentalidades y unas maneras de construir no actuales y, en general, olvidadas por la casi totalidad de los técnicos de hoy,
- . de igual manera que cualquier edificio actual, son el resultado de una compleja interrelación entre materiales, elementos y subsistemas, pero es una interrelación que sólo es, o fue, realmente conocida por sus constructores,
- . la enorme variedad de situaciones históricas, geográficas, culturales y de coyunturas económico-sociales, ha lle-

vado a que estas interrelaciones sean extraordinariamente diversas, de manera que se puede afirmar que no hay dos edificios iguales.

B) Tipos de investigaciones necesarias.

B.1) Sobre los edificios u obras públicas antes de intervenir en ellos teniendo como objetivo:

B.1.1) Incrementar el conocimiento y comprensión general de los materiales, elementos, subsistemas y sistemas históricos que configuran nuestros edificios y obras públicas existentes; la dificultad que resulta de la escala de aproximación que se presenta en todo lo que sobrepasa el tamaño del material, es decir, los elementos, subsistemas y sistemas, requiere que se dé una clara prioridad a las investigaciones que aborden estas escalas de trabajo, habitualmente, poco estudiadas. Dadas las características propias de nuestro patrimonio edificado, es obligado fomentar además estudios que permitan sistematizar e incrementar el conocimiento de las construcciones de obra de fábrica.

B.1.2) Incrementar el conocimiento y comprensión particular de los materiales, elementos, subsistemas y sistemas históricos que configuran cada edificio concreto mediante metodologías que sistematicen el proceso de los estudios previos a cualquier intervención, incentivando de igual manera los métodos que aborden las escalas de mayor dimensión.

B.1.3) Desarrollar centros específicos de investigación con técnicas eficientes de auscultación y modelización que permitan conocer mejor los edificios existentes especialmente en sus escalas de mayor dificultad, es decir, elemento, subsistema, sistema.

B.2) Sobre procedimientos y técnicas de intervención, teniendo como objetivo:

B.2.1) Desarrollar en centros específicos experimentación sobre técnicas de intervención en los edificios que abarquen todas las escalas, material, elemento, subsistema, sistema.

B.2.2) Desarrollar estudios sobre la aplicabilidad y durabilidad derivadas de la eficiencia a corto y, especialmente, a largo plazo, de las diversas técnicas de intervención en sus diversas escalas, material, elemento, subsistema y sistema, teniendo como laboratorios los mismos edificios; para ello es necesario fomentar los equipos pluridisciplinarios que incluyan científicos y técnicos con experiencia en las obras y su mantenimiento, con tal de que se dé una retroalimentación eficiente.

C) Actividades paralelas a fomentar

C.1) La ya citada extraordinaria diversidad y complejidad de los objetos y técnicas a estudiar, inabarcable desde una

órbita individual, comporta que sea imprescindible la máxima difusión en todos los ámbitos responsables de los nuevos conocimientos que se vayan obteniendo en las líneas de investigación citadas, para lo cual es conveniente:

C.1.1) Fomentar las redes temáticas sobre los diferentes ámbitos del patrimonio construido

C.1.2) Desarrollar un centro que actúe como base de documentación y datos que se deriven de todos los ámbitos expuestos anteriormente, estudios generales y particulares de edificios, desarrollos de nuevos métodos tanto de estudio como de técnicas de intervención y de la retroalimentación de las intervenciones en los edificios; el centro podría ampliar sus actividades a la gestión de todos los recursos disponibles tanto para difundir los conocimientos como la obtención de financiación para las investigaciones.

C.1.3) Favorecer el desarrollo sistemático como fuentes de documentación de los trabajos habituales de inspección técnica de manera que sus resultados pasen a aumentar las bases de datos sobre los conjuntos edificatorios sobre los que actúan.

C.2) Como objetivo a largo plazo, fomentar, ya desde el presente, mediante el libro del edificio u otras herramientas similares, la sistematización de la documentación lo más real posible de las obras nuevas con tal de que la acumulación de datos sobre los edificios actuales sea lo más completa posible cuando en un futuro haya que intervenir en ellos.

3.2. Investigación en Obra Civil

Juan Murcia Vela y Francisco Morán Cabré

3.2.1. Introducción

Lo primero que se ha de indicar es que el reducido número de comunicaciones presentadas en este apartado no permite extraer conclusiones representativas sobre la investigación ligada a la construcción de obra civil que en la actualidad se realiza.

Esta misma circunstancia incidió bastante en el enfoque final de la ponencia general correspondiente, “en el camino de una investigación más potente para la construcción de obra civil”, mucho más general (relaciones entre investigación, sector y sociedad, de cara a potenciar la primera) que disciplinar (materias sobre las que se investiga).

A continuación se presentan las conclusiones generales (ponencia), junto con un resumen final de las mismas, y las conclusiones específicas (comunicaciones).

3.2.2. Conclusiones generales

Todo indica que el sector de la construcción, consciente del largo camino que la investigación ligada al mismo tie-

ne por recorrer en nuestro país, está bien dispuesto a potenciarla y, sobre todo, a aprovecharla en su propio beneficio. Para contribuir algo a recorrer mejor ese camino, propiciando el contraste de ideas, en la ponencia general se ha analizado la problemática de la investigación en obra civil, insistiendo más bien en aspectos quizá menos debatidos y asumidos.

Las cuestiones analizadas han sido muy variadas, afectando a la sociedad, al propio sector y al ámbito que enmarca más directamente a la investigación. Las conclusiones del análisis, asimismo muy variadas, se resumen en forma de ideas y propuestas.

a. De la investigación a la innovación: dinámica en obra civil

En el sector de obra civil existe una dinámica que dificulta bastante la incorporación útil de los resultados de la investigación y que perjudica a la innovación. Los obstáculos que se presentan al respecto son diversos (cultura de inercia del sector, mercado con muchas interferencias, repercusión pública, grandes riesgos y responsabilidades, etc.). Hay que tomar conciencia de ellos e intentar eliminarlos en lo posible.

b. Sociedad

El sector debe hacer un esfuerzo en la comprensión externa. La tarea de comunicación y acercamiento del sector de la construcción, y en especial de la rama de obra civil, a la sociedad en general y a otros sectores económicos es importante y debe ser continua. Ello se justifica por ser un sector peculiar (empezando por el hecho constructivo, unívoco y local) complejo y atomizado, pero con mucha potencia, y con otros rasgos que dificultan aún más una adecuada percepción pública del mismo.

La comprensión externa beneficia a todo el sector, pero quizá aún más a su subsector académico e investigador. Ello es debido a que, por un lado, la sociedad percibe en buena parte la investigación a través del sector y, por otro, comprende y asume de modo natural el valor de la construcción porque la necesita, pero no ocurre lo mismo con la investigación (sentida como más lejana y desconocida).

Además de continuar e intensificar esfuerzos en otros asuntos importantes (seguridad laboral, impacto medioambiental, etc.), el sector debe responder sin demora ante una cierta percepción social negativa (ruido, sensación de descuido, etc.) que, dado el carácter público de las obras y su gran repercusión si algo falla, se extrapola fácilmente a tópicos. En el contexto antes citado, ello resulta muy perjudicial para la investigación del sector. No importa que esa apariencia contraste con el general rigor de lo importante, todo un complejo proceso que, al no trascender al exterior, no se ve.

c. Sector (obra civil)

El sector debería proseguir la tarea de mejorar su comprensión interna, invirtiendo incluso más recursos. Se trata de una tarea importante de recogida de datos, análisis y difusión, que afecta al sector en conjunto; pero no menos a su entramado de investigación, desarrollo e innovación, aún no bien conocido por el sector. La Plataforma Nacional de la Construcción podría jugar también un papel muy interesante en este sentido.

Pero incluso se debería ir más allá y aspirar a una mejor inteligibilidad interna del sector. Para ello, el sector habría de plantearse la opción de crear una entidad profesionalizada, enmarcada quizá en la propia Plataforma Nacional de la Construcción. Esta entidad realizaría la labor de mejorar la inteligibilidad interna y sería a la vez un observatorio de análisis estratégico, realizando tareas de análisis, difusión didáctica y prospectiva (con datos del sector y ajenos, para evaluar las incidencias futuras de factores externos).

El sector y las administraciones deberían potenciar más los centros tecnológicos, para apoyar la innovación en las empresas con actividad en obra civil, en especial las medianas y pequeñas, acercándolos a ellas en lo posible. Estos centros serían, por otra parte, lugares idóneos para el empleo de doctores.

d. Entramado ligado a la investigación

Conviene asumir la complejidad del conjunto asociado a la investigación, el desarrollo y la innovación en construcción. Es preferible que las actuaciones sobre el mismo sean realistas y se orienten más a mejorar con flexibilidad su funcionamiento que a sistematizarlo en exceso.

En esa línea, parece importante que los programas de investigación en construcción no sean cerrados en sus prioridades; ofreciendo, por ejemplo, una prioridad explícita de carácter genérico. Ello daría lugar a poder considerar iniciativas creativas que dieran fruto a mayor plazo o que contribuyeran a plantear nuevas ideas potencialmente útiles (que cubrieran necesidades o solucionaran problemas futuros), evitando que tales iniciativas no se presentaran por miedo a su rechazo. Pero, además, ello daría solución a la ubicación en las convocatorias de proyectos de investigación fronterizos con varios programas, evitando dudas sobre su adscripción, conocida previamente por los investigadores.

La investigación en ciencias orientadas y ciencias técnicas asociadas al sector es esencial en el marco de la investigación en construcción de obra civil. De cara al futuro, sería perjudicial que, en general, este tipo de investigación dejara de entrar en alguna prioridad de los programas de investigación en construcción, en función de que no ofreciera

resultados directamente aplicables. Así, estos programas deberían combinar prioridades de carácter disciplinar, en materias ligadas al sector, y prioridades que reflejen necesidades sociales o del sector.

En cuanto a la evaluación de la investigación de investigadores y profesores, habría que hacer un esfuerzo para valorar mejor los resultados tecnológicos y no sólo las patentes, difíciles en construcción. Así, se podría valorar la participación en proyectos tecnológicos (incorporando algún criterio de calidad) y, en particular, los contratados con empresas; pero ello requiere que, aunque sea de modo contextual y flexible, prime en éstos la investigación.

e. Consideración final: mirando al futuro

En cuanto al futuro, interesa considerar las tendencias en obra civil vistas desde el propio sector, ya que marcan líneas de avance y repercuten en su marcha; y particularmente en la investigación porque, además, se acaban reflejando en las prioridades de los programas. Pero hoy el sector necesita ya ir más allá de lo que se vislumbra en su seno y prever asimismo las incidencias de factores externos, mediante una prospectiva más global; para lo cual la entidad antes citada sería una pieza clave.

Resumen esquemático de las conclusiones generales

- Preámbulo.
- De la investigación a la innovación: dinámica en obra civil.
- Sociedad.

Percepción => comprensión del sector => comprensión de la investigación en el sector.

- Sector (obra civil).

Comprensión interna del sector (en particular, de su ámbito de investigación).

Entidad: inteligibilidad/prospectiva (cambio de dinámica)
Centros tecnológicos.

- Entramado ligado a la investigación.

Flexibilidad en general.

Programas.

Evaluación.

- Consideración final: mirando al futuro.

3.2.3. Conclusiones particulares

a. Conclusiones sobre las Comunicaciones de la Sala A

Se presentaron finalmente tres comunicaciones sobre asuntos muy diversos.

a.1. La excelencia en la práctica de la ingeniería civil

Jaime Armengou Orús

Para el ingeniero, y muy particularmente para el ingeniero civil, la búsqueda de la excelencia en el ejercicio de su profesión repercute de manera especialmente positiva en el entorno. Tanto desde el sector público como desde el privado, las posibilidades de colaborar en la adecuada construcción de la sociedad son enormes; poniéndose de manifiesto la repercusión social positiva del ingeniero que sabe vivir inteligentemente.

La consideración de criterios éticos en la toma de decisiones orienta al logro de esta excelencia. Así, para concretar más, cabe proponer lo que sigue:

. Para analizar éticamente las actuaciones, se sopesan fin, medios y circunstancias. Aunque las últimas maticen, tanto el fin como los medios tienen que ser correctos.

. Para tantear la responsabilidad adquirida, se han de considerar cuatro tipos de responsabilidad: por comisión, por omisión, por inducción de acciones ajenas y por cooperación con acciones ajenas.

. Para vivir inteligentemente, lo cual equivale a actuar éticamente, se ha de luchar tanto por aprender a hacerse sabios como por buscar y además decir la verdad.

a.2. Diseño y validación experimental del sistema de ventilación para la seguridad ante incendio en túneles carreteros

Jesús de la Quintana Pérez, José Miguel Fernández Acarregui

La creciente sensibilidad social por la seguridad y la consiguiente mayor exigencia de su normativa están impulsando el avance tecnológico de la seguridad ante incendio. En túneles esto se plasma en los sistemas de seguridad ante incendio; en particular, el sistema de ventilación para incendio, clave para garantizar la evacuación de personas.

Recientes comprobaciones contrastadas con la situación de los túneles de España, demuestran carencias en: a) diseño de los escenarios de cálculo; b) caracterización en túnel de las capacidades del sistema de ventilación, en el ajuste de los sistemas de detección; c) ausencia de protocolos de actuación para el operador; d) falta de una validación final de las estrategias de operación mediante ensayos reales de incendio.

La seguridad ante incendio en túneles carreteros está condicionada por las dos partes complementarias del ciclo diseño-verificación de los sistemas que deben garantizarla. Se debería reducir su nivel de incertidumbre incorporando

las nuevas tecnologías al diseño y adecuando los criterios de diseño a los últimos avances del conocimiento. En particular, habría que incorporar la validación experimental a la verificación de un ciclo de diseño caracterizado por su complejidad, las hipótesis simplistas y las carencias en la validación de los modelos de cálculo avanzado, con mayor desarrollo de ensayos realistas y de normativa que exija dicha validación para comprobar la seguridad real.

a.3. La simulación de la apariencia como herramienta predictiva en la obra pública

Francisco José Serón Arbeloa, Justiniano Aporta Alfonso, Fermín Gómez Laguna

Hasta el momento en España no ha existido ningún sistema de simulación y visualización de resultados de proyectos en los que la luz sea uno de los elementos fundamentales y que garantice la fiabilidad y exactitud de los resultados obtenidos.

El proyecto presentado describe un entorno avanzado de trabajo que permite ofrecer asistencia a las empresas del sector a la hora de simular entornos complejos o muy complejos. Así, partiendo de datos reales, las simulaciones se podrían utilizar de modo predictivo, lo que permitiría que sus resultados (datos e imágenes) se introdujeran en el mundo de las aplicaciones industriales en las que la exactitud debe conocerse.

b. Conclusiones sobre las Comunicaciones de la Sala B

Se presentaron cuatro comunicaciones sobre estructuras de hormigón armado. Dos de ellas analizan el comportamiento de soportes, otra estudia la ductilidad de armaduras parcialmente corroídas y otra trata del dimensionado óptimo de pórticos. Por otro lado, tres de ellas utilizan ensayos mecánicos y una emplea modelización numérica.

La primera comunicación, presentada por Manuel Romero y realizada por un equipo de la Universidad Jaime I de Castellón, se refiere al comportamiento de soportes esbeltos de edificación teniendo en cuenta la deformabilidad de las rótulas plásticas que se forman en sus extremos. Mediante ensayos mecánicos de soportes esbeltos se llega a la conclusión de que su comportamiento está influido por la deformabilidad de las rótulas plásticas, no bien tenida en cuenta en los métodos de cálculo usuales.

La segunda comunicación, presentada por Pedro Calderón y realizada por un equipo de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), trata del comportamiento de soportes de hormigón armado reforzados mediante presillas metálicas. Demuestra que en las zonas del soporte cercanas a los extremos (cabezas) no se puede considerar que el hormigón del soporte y su refuerzo trabajen conjuntamente, al revés de lo que sucede en el centro del soporte. También conclu-

ye que la descarga del soporte previa a su refuerzo y el incremento del número de presillas en las proximidades de las cabezas mejoran el comportamiento resistente del soporte.

La tercera comunicación, presentada por Víctor Yepes y realizada por otro equipo de la UPV, se refiere al dimensionado óptimo (más económico) de pórticos y marcos para pasos inferiores de carretera, problema en el que hay que considerar un elevado número de parámetros y condiciones de diseño. Llega a la conclusión de que una técnica numérica adecuada para la optimización consiste en la cristalización simulada, llamada recocido por otros autores (tesis doctoral del Prof. M. Vázquez, de la UPM).

La cuarta comunicación, presentada por Esther Moreno y realizada por un equipo de la UPM, trata de la influencia de la corrosión de las armaduras en su ductilidad. Mediante ensayos mecánicos de barras parcialmente corroídas llega a la conclusión de que la corrosión altera el diagrama tensión-deformación del acero, haciendo que desaparezca el escalón de cedencia propio de los aceros de dureza natural y que el diagrama se acerca al de los aceros deformados en frío. También disminuye drásticamente el valor de la deformación del acero bajo carga máxima.

3.3. Investigación sobre materiales

Agustín Chiminelli y Jaime Planas Roselló

La incorporación de nuevos materiales en el sector de la construcción ofrece nuevas posibilidades tanto desde un punto de vista técnico como estético, permitiendo simplificar los procesos constructivos, facilitar las tareas de montaje y transporte, obtener acabados exteriores impensables con materiales convencionales y reducir las operaciones de mantenimiento. En España se han llevado a cabo en los últimos años numerosas obras de envergadura que dejan en evidencia el enorme potencial que ofrecen los materiales compuestos. Evidentemente, la utilización de este nuevo tipo de tecnologías no convencionales requiere del análisis específico del sistema y su aplicación. Ante la falta de experiencia, es inevitable la fase previa de investigación / desarrollo que nos asegure que el material realmente aportará todo lo que de él se espera. Un ejemplo exitoso del resultado de un trabajo de investigación de años para la incorporación de materiales reforzados en la construcción es el de la fibra de vidrio AR, formulada especialmente para evitar los efectos de la corrosión alcalina sobre la fibra de vidrio-E convencional. De esta manera se ha conseguido un refuerzo que no se degrada con el paso del tiempo y que es óptimo para mejorar las propiedades de los morteros cementosos de uso habitual.

La creciente utilización de los materiales compuestos en España en el sector de la construcción ha logrado en estos últimos años la concreción de numerosos proyectos de en-

vergadura que dejan en evidencia todo el potencial de estos sistemas tanto desde el punto de vista estructural y estético como a nivel económico, considerando los costes de transportes, montaje y mantenimiento asociados.

No obstante se constata que la introducción de estas innovaciones no suele ir asociada a las obras de edificación de viviendas. En efecto, los edificios de viviendas, especialmente los de las promociones privadas, tienden al uso de materiales y sistemas "tradicionales", aunque, con el tiempo, se haya comprobado la escasa validez de muchas de ellas, sobre todo con la participación masiva de mano de obra sin la formación profesional adecuada.

Por ello resulta clara la necesidad de aumentar los procesos de investigación y desarrollo en la construcción de edificios de viviendas que tienda a introducir el uso de nuevos materiales, más eficientes y sostenibles, tanto en sus elementos estructurales, como en los de cerramiento y acabado.

Veamos un análisis pormenorizado de las comunicaciones presentadas.

Se ha presentado 21 trabajos, distribuidos de la siguiente manera (Gráfico 1):

Reciclado de materiales: 2

Madera: 3

Cerámica: 3

Cemento, morteros y hormigones: 11

Total: 21

Sus propios títulos nos facilitan la comprensión del estado actual de la investigación y desarrollo en este campo. Veamos.

a. Reciclado de materiales para morteros y hormigones

Viabilidad de la utilización ecológica de materiales calizos de desecho procedentes de la industria alimentaria (concha de mejillón) en la preparación de morteros.

Ballester, Paloma

Residuos de construcción y demolición. Caracterización del material obtenido de hormigón y cerámica

Blandón González, Begoña

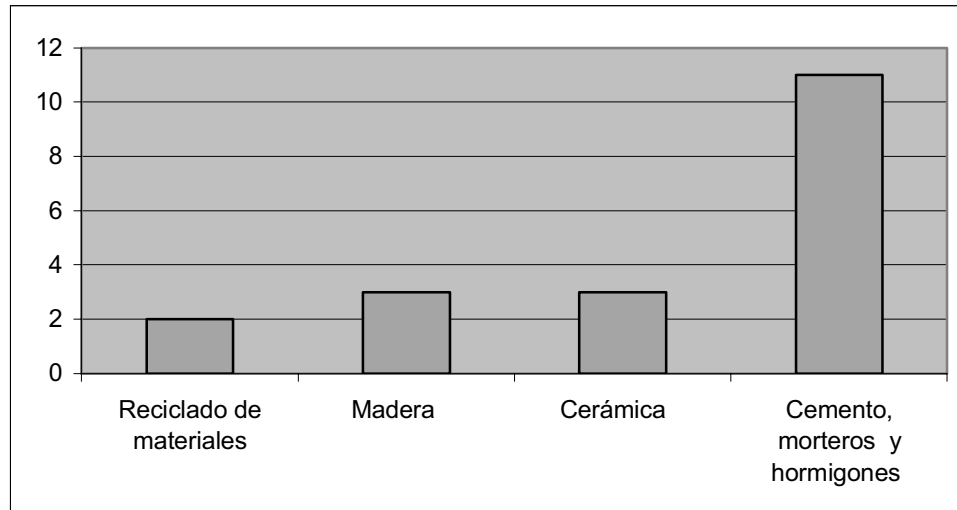
Viabilidad de una escoria de ferroaleaciones para la elaboración de hormigones

Frías Rojas, Moisés

El licor de las plantas agavaceas como aditivo para morteros y hormigones de cemento Portland

Payá Bernabeu, Jordi

GRÁFICO 1
La investigación en Construcción



b. Madera

Aplicación de la técnica de ultrasonidos en la clasificación de la madera de pino radiata (Pinus radiata D. Don) en piezas de gran escuadría para uso estructural
Arriaga, Francisco

La caracterización mecánica de la madera estructural: resultado de 20 años de estudios y proyectos
Fernández-Golfín Seco, J. I.

Evolución de la normativa de ensayo de madera aserrada para uso estructural
Hermoso Prieto, Eva

c. Cerámica

Interpretación experimental de la magnitud de la expansión por humedad en productos cerámicos
Isidro Gordejuela, Federico de

Valorización de cascote cerámico como sustituto de materias primas para tejas de hormigón
Marín Andrés, Felix P.

El Instituto Eduardo Torroja a lo largo de su historia y la investigación sobre materiales vítreos y cerámicos en el Torroja
Rincón, Jesús

d. Cementos y morteros

Evaluación del impacto medioambiental debido a la lixiviación de productos de base cemento
Hidalgo, Ana

Problemas de adherencia en pavimentos sanitarios a base de morteros poliméricos
Anguís Climent, Diego

e. Nuevos materiales

Desarrollo de sistemas constructivos para tejados
Marín Andrés, Felix P.

Recalce de un muro de contención en un medio agresivo: cálculo, diseño e idoneidad de materiales empleados
García Valdecabres, Jorge

Hormigones reforzados con fibras sintéticas reforzadas
González Amago, David

Proceso de fabricación, características y aplicación en obra del GRC
Pastor García, José M.

Análisis de la viabilidad y aplicaciones constructivas del mortero aligerado de cemento-caucho
Río Merino, Mercedes del

Estudio ab-initio de la formación de cadenas de silicatos en el gel CSH
Sánchez Dolado, Jorge

Paneles prefabricados para fachadas con hormigón de altas prestaciones. Aplicación en Canarias
Santana Rodríguez, Ricardo J.

Hacia una envolvente fotoconductora
Urbano Gutiérrez, Rosa

3.4. Investigación en Medio Ambiente

Antonio Lecuona Neumann y Javier Neyla

La acogida de las I Jornadas por parte de la comunidad científica nacional puede calificarse de buena, teniendo en cuenta que se trata de una primera convocatoria. Es de destacar la excelente calidad de los trabajos presentados y de las presentaciones realizadas. El colectivo español de grupos de investigación en medio ambiente relacionado con los edificios es mayor y cabe esperar que acudan en próximas ediciones.

Las comunicaciones presentadas se pueden agrupar en (Gráfico 2):

Medio ambiente: 9

Medio ambiente y energía: 6

Total: 15

La característica más destacable de las dos sesiones paralelas realizadas es la multidisciplinariedad. Se presentaron trabajos de evaluación de emisiones a la atmósfera por formas de energía, en concreto acústicas (del Ama y Hernández) y por formas de materia, en concreto, sobre ventilación, temas de gran relevancia actualmente.

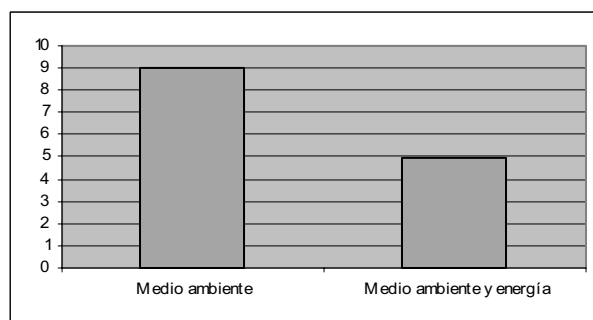
La energía y sus repercusiones medioambientales ha sido objeto de varias comunicaciones, siendo fiel reflejo de la preocupación nacional e internacional sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la eficiencia energética de los edificios (Enériz) (Izquierdo et al.) y (Lecuona, Izquierdo y Rodríguez) entre otros.

La calidad de los edificios en su comportamiento térmico es objeto de atención en las comunicaciones presentadas, no solamente en su vertiente energética, sino atendiendo a efectos nocivos para la salud y calidad de ambiente interior y para la preservación de los materiales constructivos, como es el caso de la evitación de la formación de moho por humedades (Díaz y Tenorio).

Resulta notoria la atención que se le ha prestado al aspecto normativo en las comunicaciones presentadas, no solamente en lo atinente a su cumplimiento, sino también a la mejora normativa, tanto en el ámbito comunitario como en el nacional (Rey *et al.*) (Izquierdo *et al.*).

Los nuevos desarrollos tecnológicos ocuparon un lugar en estas Jornadas. Así, podemos contemplar cómo se exploran técnicas innovadoras de ahorro basadas en la energía geotérmica superficial (Urchueguía *et al.*) más propias de países de mayor latitud que el nuestro, pero de enorme interés ante el reciente avance de la implantación generalizada del aire acondicionado y de la calefacción haciendo uso de bomba de calor, en los edificios de nuestro país. Técnicas, que, por no usar la atmósfera directamente como fuen-

GRÁFICO 2



te y sumidero térmico, han de contribuir a hacer nuestras ciudades más silenciosas.

La reflexiones sobre el impacto en el paisaje, en los ecosistemas y la preservación de los recursos naturales no han estado ausentes de las Jornadas, pudiendo destacarse (García y Monteverde), en donde se medita sobre el equilibrio entre desarrollo a través de la creación de infraestructuras constructivas y preservación, dejando en el trasfondo las limitaciones de diseño constructivo que ello trae consigo, llevándonos a lo que se denomina arquitectura integrada en el medio, pero de vanguardia.

La calidad del proyecto constructivo, medida con la vara de la sostenibilidad, es objeto de al menos dos comunicaciones (Huete *et al.*) en donde se nos exponen ideas útiles acerca de la minimización en el uso de los recursos y su cuantificación acorde con metodologías diferentes. Es de destacar que estos autores señalan un déficit social en las metodologías analizadas.

Las técnicas innovadoras de aprovechamiento de la luz natural de forma pasiva, como son los conductos de luz, reciben una atención en lo presentado. Técnicas, que aparte de su innegable atractivo estético y de su utilidad práctica, destaca por su nulo empleo de energía, formando, así, parte del bioclimatismo arquitectónico (Pérez, Serra e Isalgue).

La calidad del ambiente interior en los edificios es objeto de atención creciente, especialmente para evitar los negativos efectos del síndrome del edificio enfermo, sin dejar de lado otras dimensiones próximas como son el comportamiento frente al incendio y el consumo energético. Así, podemos encontrar varios trabajos relativos a ventilación (San José *et al.*) (Camino *et al.*) (Flórez, Blasco y Viñas). En ellos se aprecia un gusto por la precisión en las técnicas de análisis y síntesis de un diseño, haciendo uso de sofisticadas herramientas de cálculo, como la Mecánica de Fluidos Computacional (San José *et al.*) y (Flórez, Blasco y Viñas) así como las modernas técnicas experimentales, en las que se aplica instrumentación avanzada, como la espectroscopía fotoacústica para la cuantificación de la presencia de gases en la atmósfera. Ello nos hace pensar

que se dispone actualmente de un conjunto de grupos de investigación y desarrollo tecnológico, modernamente equipados, y capacitados para avanzar en las técnicas de climatización y acondicionamiento de aire más sofisticadas.

No han estado ausentes de estas jornadas las empresas suministradoras (Enériz) que demuestran así su compromiso con el medio ambiente y su capacitación tecnológica para ofrecer productos adaptados a las necesidades actuales, en concreto aislantes térmicos. El correcto dimensionado del espesor del aislamiento instalado en la envolvente del edificio no solamente puede contribuir a reducir la factura energética, permitiendo a la vez un mayor confort térmico, sino que permite abaratamientos adicionales, como el derivado del menor tamaño de la maquinaria de climatización y mejoras en la calidad de los edificios, al reducirse el espacio ocupado por los radiadores (Izquierdo *et al.*).

La calidad acústica de los edificios es una signatura pendiente en nuestro país, donde se piensa que el ruido a menudo es expresión de vida, actividad y alegría. Como el ruido es origen también, no solamente de molestias, pérdida de productividad, sino que origina deficiencias en el aprendizaje y perturbaciones en la salud, son bienvenidas las comunicaciones que son exponente de una cada vez mayor sensibilización al problema acústico en el entorno humano. Se ha logrado una digna representación de grupos que en nuestro país comienzan a formar una masa crítica, antes inexistente, probablemente al carecerse de un área de conocimiento oficial propia de la acústica aplicada y de planes de estudio orientados a ella. Es de destacar la preocupación por el efecto de la ejecución en la capacidad aislante final de elementos de separación y más de destacar el esfuerzo dedicado a practicar las mediciones in situ (del Ama y Hernández). Un contraste con lo medido en laboratorio es de extrema utilidad para así poder rentabilizar las costosas, pero eficientes infraestructuras científicas (Carrascal y Romero).

Estas someras conclusiones no reflejan completamente lo presentado a estas I Jornadas en lo relativo al medio ambiente y los edificios, pues la preocupación medioambiental está presente en muchas vertientes del hecho constructivo, siendo pudiendo haberse incluido en las sesiones de medio ambientes muchas otras comunicaciones de otras sesiones.

3.5. Investigación en Edificación

Luis de Villanueva y Juan Francisco Lazcano

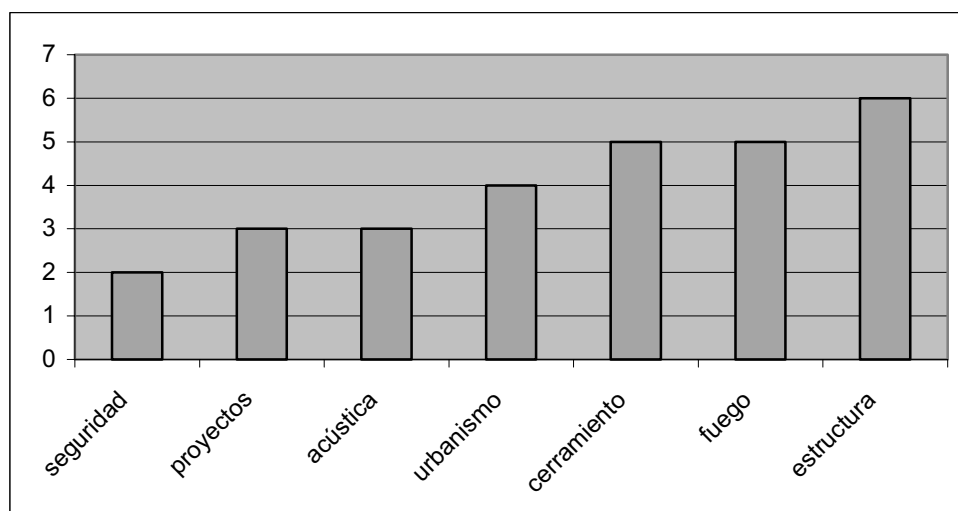
La recepción de comunicaciones, presentadas con motivo del llamamiento del Instituto Eduardo Torroja a los investigadores en el área de la edificación para participar en estas Primeras Jornadas, ha sido amplia y muy variada. Muestra el panorama heterogéneo de los esfuerzos investigadores que las diversas universidades, instituciones y empresas realizan en la hora actual.

Las comunicaciones se pueden agrupar en (Gráfico 3):

Seguridad: 2
Proyectos: 3
Acústica: 3
Urbanismo: 4
Cerramiento: 5
Fuego: 5
Estructura: 6
Total: 28

En el campo de la edificación, ha sido preciso dividir las comunicaciones presentadas en siete áreas temáticas. La sola denominación de las mismas resulta confusa, ya que para encontrar denominadores comunes, unas veces, se ha tenido que recurrir al subsistema constructivo: estructura, cerramiento; otras al comportamiento frente a un parámetro físico: acústica, fuego, y, otras, a aspectos más generales como: urbanismo, proyecto y seguridad.

GRÁFICO 3



Se puede pensar en que ha sido culpa de la incapacidad del ponente de esta área para encontrar un método de clasificación más racional, pero, sin embargo, el resultado de esta clasificación de los trabajos es sintomático del estado actual en que se encuentra en nuestro país la investigación sobre construcción, y, más concretamente, sobre edificación.

Se comprueba que siguen interesando estudios sobre las tres fases de la calidad del edificio enunciados por Blanchère, en su famoso tratado "*Saber construir*". La seguridad ante problemas estructurales y frente al fuego; la habitabilidad, con referencias a cerramientos y la acústica y la durabilidad, sobre todo con referencias a estudios de patología. También hay trabajos sobre normativa, en especial sobre el Código Técnico, de evidente actualidad.

Para sacar conclusiones más precisas, este breve bosquejo se debería ampliar al conjunto de las comunicaciones presentadas, ya que los diferentes campos en que se han dividido las comunicaciones y ponencias de esas jornadas están muy correlacionados entre sí. Sin embargo nos sirve para analizar una muestra del conjunto en su riqueza temática y en su dispersión.

a. Cerramiento

Azoteas: un reto a la eficiencia en el comportamiento higrotérmico

Aparicio Fernández, Carola

Patologías más frecuentes en azoteas. Soluciones

Aparicio Fernández, Carola

Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra.

Castilla Pascual, Francisco Javier

Comportamiento higrotérmico de la envolvente del edificio según el CTE. Análisis de las condensaciones mediante el cálculo de la humedad relativa interior. Soluciones alternativas: sistemas de ventilación por caudal variable

Gavira Galocha, M^a Jesús

Desarrollo de nuevos modelos de tejas de hormigón y de sus acabados superficiales

Marín Andrés, Félix P.

b. Acústica

Modelo de predicción de transmisión de ruidos en edificios UNE-12354: precisión, limitaciones e investigaciones en el ámbito de las viviendas en España

Esteban, Alberto

Método numérico de alto orden para la simulación del comportamiento acústico de un elemento de separación

Hernández Ramos, Juan A.

La Ley del ruido y sus implicaciones en la edificación

Romero Fernández, Amelia

Aislamiento acústico de particiones ligeras multicapa.

Estudio del material absorbente y del sistema del montaje

Sinisterra Ortí, Jaime

c. Urbanismo

Estudio de los elementos constructivos de los nuevos edificios rurales para mejorar su integración en el paisaje

Ayuga, Francisco

La ciudad multidimensional. La frontera para el Siglo XXI

Bosch, Carlos

La repercusión de los movimientos migratorios en la construcción

Caballol Bartolomé, David

d. Estructura

La estructura inteligente de la Copa-Torre-Mirador Madrid 2012

Adell Argilés, Josep M^a

Comportamiento estructural de silos agrícolas

Ayuga, Francisco

Normalización del proceso constructivo de la bóveda tabicada extremeña

Carmona Barrero, Juan Diego

Estudio de la resistencia frente a esfuerzo cortante en forjados unidireccionales de viguetas pretensadas a partir de ensayos

Domínguez Álvarez, Aurelio

Comprobación simplificada de deformaciones en estructuras de edificación

Fargueta Cerdá, Fernando

El control de la retracción por secado en los hormigones de altas prestaciones

Rodríguez, José L.

e. Fuego

Influencia de las cavidades en el comportamiento térmico de estructura de fábrica expuesta al fuego

Hernández Ramos, Juan A.

Análisis del comportamiento de los materiales de revestimiento interior en caso de incendio

Macià Torregrosa, María Eugenia

El Código Técnico de la Edificación. Los avances técnicos reglamentarios sobre «seguridad en caso de incendio»

Macià Torregrosa, María Eugenia

Métodos avanzados de cálculo en la ingeniería de seguridad ante incendio

Quintana, Jesús de la

El control de humos en edificios. Análisis basado en prestaciones

Unanua, Javier

f. Proyecto

Más allá del modelado: la vanguardia de técnicas informáticas en edificios residenciales

Calderón, Carlos

La coordinación dimensional en el proyecto de ejecución
Zamora y Mestre, Joan Lluís

La investigación sin encargo

Llorens Duran, José Ignacio de

g. Seguridad

El problema de los accidentes en edificios. La reglamentación de la Seguridad de Utilización

Queipo de Llano Moya, Juan

Protocolo para la inspección técnica de las edificaciones
Soler Arias, Enrique

* * *